

Implementasi Metode Artificial Bee Colony Untuk Penempatan Distributed Generator Pada Penyulang Rayon Tanjung

^{1*}Rahmat Hidayat, ²Abraham Lomi, ³Irrine Budi Sulistiawati

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional, Malang

¹rahmathidayat5ra@gmail.com, ²abraham@lecturer.itn.ac.id, ³irrine@lecturer.itn.ac.id

Article Info

Article history:

Received September 17th, 2024

Revised September 26th, 2024

Accepted Oktober 26th, 2024

Keyword:

Optimasi
Pembangkit Terdistribusi
Artificial Bee Colony
Rugi-rugi Daya
Distributed Generator

ABSTRACT

Distributed Generation (DG) is a power plant that is spread over the power distribution network. In principle, electrical power output is generated by power plants located far from the load center and electrical power is transmitted to the load center through transmission and distribution networks. The longer the cable from the power plant or substation, the lower the voltage at the end load. Sub-optimal DG placement and size can result in increased power losses and affect the system voltage profile. In addition, suboptimal generation capacity can lead to voltage instability, reduced system security, and potential impacts on system frequency and emissions. Therefore, this study will use the Artificial Bee Colony (ABC) method to determine the optimal DG capacity and location. In the base case condition, the power losses in the system are 118 KW and 99 Kvar. Power losses after the installation of 1 DG active power loss becomes 37.4 KW and reactive power loss becomes 31.65 Kvar. Placement of 2 DGs reduces active power loss to 17 KW and reactive power loss to 15 Kvar. While the placement of 3 DG reduces active power loss to 33 KW and reactive power loss to 28 KVar.

Copyright © 2024 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Rahmat Hidayat,

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang,

Jl. Sigura - Gura No.2, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65152

Email: rahmathidayat5ra@gmail.com

Abstrak—Pembangkit tersebar atau terdistribusi adalah sistem pembangkit listrik yang tersambung langsung pada jaringan distribusi listrik. Pada dasarnya, pembangkit listrik menghasilkan listrik di suatu tempat yang jauh titik beban, dan listrik dari pembangkit dikirim ke para pelanggan menggunakan melewati transmisi dan distribusi. Semakin panjang saluran mulai pembangkit maupun gardu induk, akibatnya lebih sedikit tegangan yang diterima oleh ujung saluran. Lokasi dan ukuran DG yang kurang optimal dapat mengakibatkan peningkatan kerugian daya dan mempengaruhi profil tegangan sistem. Di samping itu, kapasitas pembangkit yang tidak optimal dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan, berkurangnya keamanan sistem, dan potensi dampak pada frekuensi dan emisi sistem. Oleh karena itu, pada penelitian ini metode *Artificial Bee Colony* (ABC) akan digunakan untuk mendapatkan kapasitas serta lokasi DG dengan tepat. Pada kondisi *base case* susut daya pada sistem adalah 118 KW dan 99 Kvar. Kerugian daya setelah pemasangan 1 DG susut daya aktif jadi 37,4 KW serta susut daya reaktif jadi 31,65 Kvar. Penempatan 2 DG menurunkan susut daya aktif jadi 17 KW serta susut daya reaktif jadi 15 KVar. Sedangkan penempatan 3 DG menurunkan susut daya aktif jadi 33 KW dan juga susut daya reaktif jadi 28 Kvar.

I. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Pembangkit terdistribusi salah satu teknologi yang menggunakan energi terbarukan. disebut sebagai pembangkit terdistribusi karena tersebar dan dihubungkan di jaringan distribusi tenaga listrik [1]. Teknologi DG kebanyakan memiliki kapasitas daya yang rendah dan menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT) seperti cahaya matahari, angin, air, *fuel cell*, panas bumi dan lain-lain. Sehingga tipe DG yang dipasang bisa dengan mudah menyesuaikan dengan potensi sumber daya energi dan kondisi geografis [2].

Penggunaan pembangkit listrik terdistribusi dapat membantu mempertahankan kesehatan lingkungan. Selain itu, pemasangan DG ini akan membantu upaya pemerintah Indonesia untuk mencapai target bauran energi nasional melalui penggunaan energi baru terbarukan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), sasaran bauran energi baru dan terbarukan (EBT) adalah minimal 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [3]. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit listrik EBT harus sekitar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 167,7 GW pada tahun 2050. Target produksi listrik tenaga surya adalah 6,5 GW.

Pada dasarnya, pembangkit listrik menghasilkan listrik di suatu tempat yang jauh titik beban, dan listrik dari pembangkit dikirim ke para pelanggan menggunakan melewati transmisi dan distribusi. Semakin panjang saluran mulai pembangkit maupun gardu induk, akibatnya lebih sedikit tegangan yang diterima oleh ujung saluran. Dengan bertambahnya panjang saluran, nilai impedansinya meningkat [5]. Jatuh tegangan berdampak pada peningkatan rugi daya dalam sistem distribusi, sehingga mengurangi efisiensi sistem. Karena itu, salah satu solusi adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk mengatasi permasalahan ini. Secara garis besar, teknologi pembangkit terdistribusi dapat berkontribusi dalam meningkatkan reliabilitas, kualitas, dan mendukung jaringan listrik melalui kemampuannya untuk menyediakan suplai daya yang handal, menstabilkan profil tegangan, dan memberikan alternatif yang lebih hemat biaya dibanding investasi transmisi dan distribusi konvensional [6].

Tantangan dalam sistem pembangkit terdistribusi ialah menentukan lokasi dan ukurannya. Penempatan dan ukuran DG yang kurang optimal dapat mengakibatkan peningkatan kerugian daya dan mempengaruhi tegangan sistem [7]. Di samping itu, kapasitas pembangkit yang tidak optimal dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan, berkurangnya keamanan sistem, dan potensi dampak pada frekuensi dan emisi sistem [6]. Oleh sebab itu, guna menyelesaikan masalah tersebut digunakan teknik atau metode optimasi seperti *Artificial Bee Colony* (ABC), *Fuzzy Logic*, *Parctical Swarm Optimization* (PSO) dan lain – lain.

Algoritma ABC memiliki keunggulan yaitu sederhana, mudah diaplikasikan, dan mampu menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks. Algoritma ini telah terbukti memberikan kualitas solusi dan karakteristik konvergensi yang unggul. Algoritma ABC hanya memiliki dua parameter yang perlu disesuaikan, menjadikannya lebih mudah untuk dioptimalkan. Ini berarti bahwa pembaruan parameter ini menuju nilai yang paling efektif memiliki kemungkinan keberhasilan yang lebih tinggi [8].

Terdapat berbagai penelitian sebelumnya yang mencoba menerapkan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk menyelesaikan permasalahan sistem distribusi. Beberapa diantaranya adalah menentukan penempatan yang optimal dari sistem penyimpanan energi terdistribusi pada jaringan distribusi untuk meminimalisir kehilangan daya, mengurangi beban puncak, dan meningkatkan regulasi tegangan menggunakan metode ABC [9]. Penelitian lainnya juga menunjukkan efisiensi, kestabilan, dan kemampuan algoritma ABC dalam menangani masalah optimasi yang kompleks terkait aplikasi unit DG [8].

PT. PLN Rayon Tanjung adalah perusahaan milik negara yang menawarkan layanan ketenagalistrikan kepada calon pelanggan. Penyulang SLG 04 menggunakan jenis jaringan sistem distribusi radial dengan panjang saluran sekitar 20,981 kms dan terdiri dari 66 bus. Untuk menghubungkan DG pada jaringan distribusi harus diperhitungkan dengan baik penempatan dan kapasitasnya. Letak dan ukuran DG yang kurang optimal dapat mengakibatkan peningkatan kerugian daya dan mempengaruhi profil tegangan sistem [7]. Di samping itu, kapasitas pembangkit yang tidak optimal dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan, berkurangnya keamanan sistem, dan potensi dampak pada frekuensi dan emisi sistem [6]. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian tentang optimasi penempatan DG. DG dikatakan optimal apabila kerugian daya pada sistem menjadi berkurang serta profil tegangan yang optimal sesuai dengan standar. Dari permasalahan

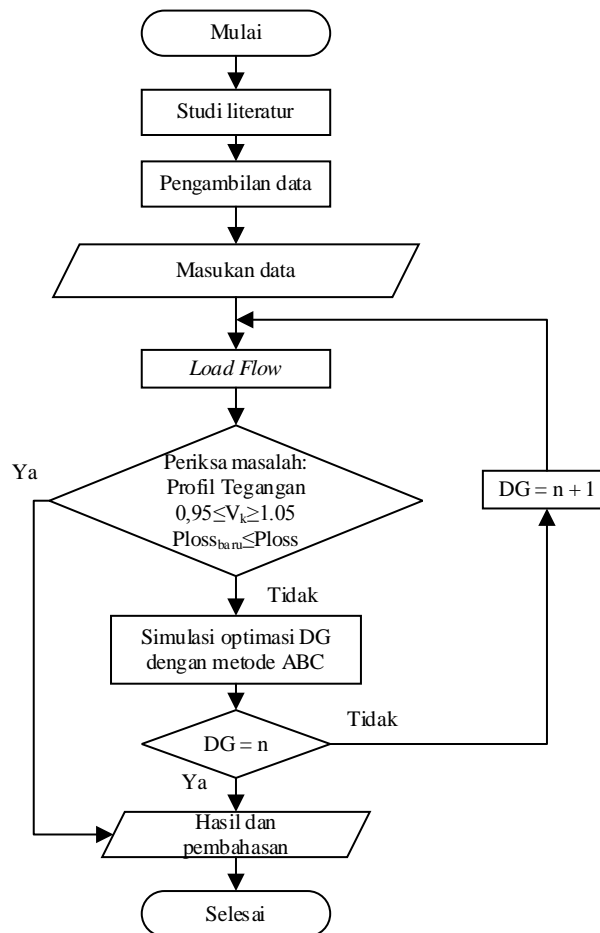
tersebut penelitian ini akan menganalisis optimasi penempatan dan kapasitas pembangkit terdistribusi terhadap sistem distribusi 20 kV di penyulang SLG 04 pada PT. PLN Tanjung.

Dengan integrasi DG pada penyulang SLG 04, akan mempengaruhi tegangan sistem. Maka perlu pengoptimalan letak dan ukuran DG yang akan dipasang, agar dapat mengurangi jatuh tegangan dan rugi daya. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan algoritma ABC untuk mencari posisi dan ukuran optimal pembangkitan terdistribusi pada penyulang SLG. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh rugi-rugi daya dan profil tegangan setelah menambahkan DG dengan metode algoritma ABC. Tujuan penelitian ini adalah memperbaiki profil tegangan dan meminimalkan rugi-rugi daya serta jatuh tegangan pada saat beban puncak. Kemudian menentukan letak dan ukuran DG yang optimal pada penyulang SLG 04 dengan metode algoritma ABC.

II. Metode Penelitian

A. Flowchart tahapan penelitian

Dalam penelitian ini, algoritma ABC akan menentukan lokasi bus optimal untuk memasang pembangkit terdistribusi dalam sistem terdistribusi secara radial. Diagram alir pada gambar 1 digunakan untuk mendefinisikan tahapan penelitian. Berikut penjelasan tahapan-tahapan penelitian:



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penyelesaian Penelitian

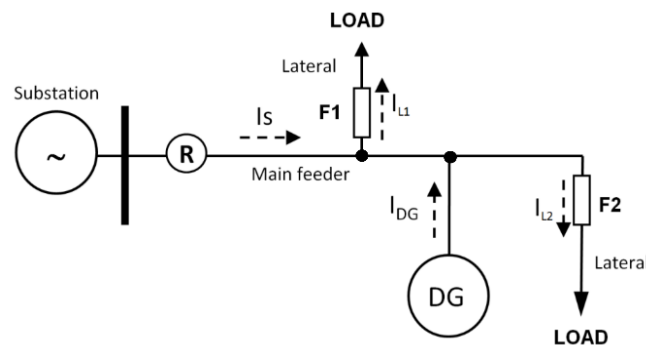
1. Mulai
2. Pada tahap studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang dapat mendukung penelitian yang dilakukan. Tahap ini menentukan parameter yang digunakan untuk analisis sistem, yang diperlukan agar sistem dapat bekerja dengan baik.

3. Pengumpulan data yang nantinya digunakan untuk simulasi. Menggunakan data dari penyulang SLG 04 20 KV, data yang diperoleh berupa data saluran, data beban, dan data trafo.
4. Tahap pemasukan data untuk analisis yang bertujuan untuk memberikan data ke sistem dengan persamaan yang telah dihitung.
5. Selanjutnya jalankan analisis load flow yang nantinya digunakan untuk melakukan simulasi optimasi DG dengan metode ABC.
6. Periksa apakah kondisi profil tegangan sudah sesuai standar yang ditetapkan dan apakah rugi daya baru lebih kecil dari rugi daya yang lama.
7. Apabila sudah didapat hasil DG yang optimal, maka analisa hasil.
8. Jika tidak, jalankan program optimasi DG menggunakan metode ABC untuk mendapatkan data posisi dan kapasitas DG yang optimal.
9. Batas pengujian hingga 3 DG.
10. Apabila DG yang terpasang masih kurang dari tiga maka DG +1 dan ulangi proses dari langkah 6.
11. Jika DG = 3 maka didapat hasil dan analisis. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari desain, implementasi dan performa sistem DG menggunakan algoritma ABC.
12. Selesai

B. Pembangkit terdistribusi

Pembangkit terdistribusi (DG) mengacu pada pembangkit listrik skala kecil yang bukan merupakan bagian dari sistem tenaga listrik terpusat yang besar dan berlokasi dekat dengan beban, dapat dilihat pada gambar 2.11. Definisi yang umum digunakan adalah 'sumber pembangkitan listrik yang terhubung langsung ke jaringan distribusi atau konsumen'. Pembangkit ini mencakup berbagai teknologi dan dapat memberikan manfaat seperti pasokan listrik yang andal, kualitas daya yang lebih baik, dan dukungan untuk jaringan listrik. Meningkatnya minat terhadap DG didorong oleh beberapa faktor seperti kepedulian terhadap lingkungan dan liberalisasi pasar listrik [6].

Pembangkit listrik terdistribusi (DG) dapat mencakup berbagai teknologi, termasuk sumber energi terbarukan seperti fotovoltaik surya, turbin angin, dan biomassa, serta teknologi konvensional seperti turbin gas, mesin bolak-balik, dan sel bahan bakar [16].



Gambar 2. Jaringan Distribusi Dengan DG

C. Algoritma Artificial Bee Colony (ABC)

Algoritma ABC merupakan pendekatan *meta-heuristik*, yang diperkenalkan Karaboga pada tahun 2005, yang terinspirasi dari perilaku mencari makan para lebah madu. Dalam algoritma ABC, sebuah koloni lebah terdapat tiga kelompok lebah: lebah yang dipekerjakan (*employed*), penonton (*onlookers*), dan pengintai (*scout bees*). Separuh dari ukuran populasi algoritma ABC mewakili jumlah lebah pekerja, dan separuhnya lagi mewakili jumlah lebah penonton. Hanya akan ada satu lebah yang ditugaskan pada setiap lokasi sumber makanan. Jadi, jumlah titik sumber makanan (solusi yang memungkinkan) di sekitar sarang adalah sama dengan banyaknya lebah yang sedang bekerja [17]. Pengintai memulai siklus pencariannya setelah lebah yang dipekerjakan telah kehabisan posisi sumber makanannya (solusi). Jumlah percobaan untuk sumber makanan yang disebut "*exhausted*" (habis) yang dikendalikan oleh nilai batas parameter algoritma ABC. Setiap siklus dari algoritma ABC ini terdiri atas tiga tahapan. Pertama, mengirim lebah pekerja ke posisi sumber makanan

yang memungkinkan (solusi) serta mengukur jumlah nektar mereka (nilai kebugaran). kedua, penonton memilih sumber makanan setelah berbagi informasi dari lebah yang dipekerjakan pada langkah sebelumnya. ketiga, menentukan menentukan lebah pengintai dan kemudian mengirim mereka ke posisi posisi sumber makanan yang sama sekali baru.

Algoritma ABC menciptakan populasi awal solusi yang terdistribusi secara acak ($i=1,2,\dots,E_b$), di mana i menandakan ukuran populasi dan E_b adalah jumlah lebah pekerja. Setiap solusi x_i adalah vektor D -dimensi, di mana D adalah jumlah parameter yang akan dioptimalkan. Posisi sumber makanan, dalam algoritma ABC, menunjukkan solusi potensial untuk permasalahan optimalisasi, banyaknya nektar yang berasal dari sumber makanan terkait dengan nilai kualitas (nilai kesesuaian) solusinya. Setelah inisialisasi, populasi posisi (solusi) mengalami siklus berulang (*cycles*) dari proses pencarian lebah pekerja, penonton, dan pengintai (siklus= $1,2,\dots,MCN$), di mana MCN (*maximum cycle number*) adalah jumlah siklus maksimum proses pencarian. Kemudian, Lebah pekerja memodifikasi lokasi (solusi) dalam memori mereka berdasar pada informasi lokal (informasi penglihatan) serta memeriksa kuantitas dari nektar (nilai kecocokan) pada posisi yang telah diubah (solusi yang telah dimodifikasi). Jika nilai nektar baru lebih banyak daripada nilai awal, lebah tersebut akan menyimpan posisi terbaru dan akan mengabaikan posisi sebelumnya. Jika tidak, lebah akan menyimpan posisi yang lama dalam memorinya. Begitu seluruh lebah yang dipekerjakan telah menuntaskan proses pencarian, lebah-lebah tersebut akan membagikan data informasi lokasi makanan mereka kepada para lebah pengamat yang menunggu di area tarian. Lebah pengamat mengevaluasi informasi nektar dari seluruh lebah pekerja dan memutuskan sumber makanan yang cocok berdasarkan nilai peluang yang terkait nilai nektar tersebut. Prosedur modifikasi posisi dan kriteria pemilihan yang sama yang digunakan oleh lebah pekerja diterapkan pada lebah penonton.

Probabilitas pemilihan sumber makanan oleh lebah pengamat dihitung dengan persamaan berikut:

$$p_i = \frac{fitness_i}{\sum_{i=1}^{E_b} fitness_i} \tag{1}$$

Dimana $fitness_i$ merupakan suatu nilai kelayakan dari suatu nilai i , dan E_b adalah jumlah total posisi sumber makanan (solusi) atau, dengan kata lain, setengah dari ukuran koloni. Sumber makanan yang baik (solusi) akan menarik lebih banyak lebah penonton daripada yang buruk. Setelah penonton memilih sumber makanan yang mereka sukai, mereka akan membuat posisi $i+1$ sumber makanan tetangga dari sumber makanan i yang dipilih, dan membandingkan jumlah nektar (nilai $fitness$) dari posisi $i+1$ tetangga tersebut dengan posisi i lama. Kriteria seleksi yang sama yang digunakan oleh lebah pekerja juga diterapkan pada lebah pengamat. Langkah ini diulangi sampai semua penonton tersebar. Selanjutnya, jika sebuah solusi tidak membaik hingga beberapa kali (batas), lebah pekerja yang berhubungan dengan solusi tersebut akan meninggalkan solusi tersebut, kemudian menjadi pengintai dan mencari letak makanan baru dengan acak.

Guna menemukan letak dari sumber makanan berdekatan (solusi) dengan letak sumber makanan yang lama di memori, algoritma ABC mengubah satu parameter yang dipilih secara acak dan membiarkan parameter lainnya tidak berubah. dengan menambahkan ke nilai parameter yang dipilih saat ini, hasil kali antara varian seragam dan selisih antara nilai parameter yang dipilih dengan nilai parameter solusi "acak" lainnya, maka posisi sumber makanan tetangga akan dibuat. Berikut ini persamaan sumber makanan tetangga:

$$x_{ij}^{baru} = x_{ij}^{lama} + u(x_{ij}^{lama} - x_{kj}) \tag{2}$$

Dimana $k \neq i$ dan keduanya adalah $\in \{1,2,\dots,E_b\}$. Pengali u adalah angka acak antara $[-1,1]$ dan $j \in \{1,2,\dots,D\}$. Dengan kata lain, x_{ij} adalah parameter ke- j dari solusi x_i yang dipilih untuk dimodifikasi. Ketika posisi sumber makanan telah ditinggalkan, lebah pekerja yang terkait dengannya menjadi pengintai. Lebah pengintai menghasilkan posisi sumber makanan yang sama sekali baru sebagai berikut:

$$x_i^{j(bar)} = \min(x_i^j) + u[\max(x_i^j) - \min(x_i^j)] \tag{3}$$

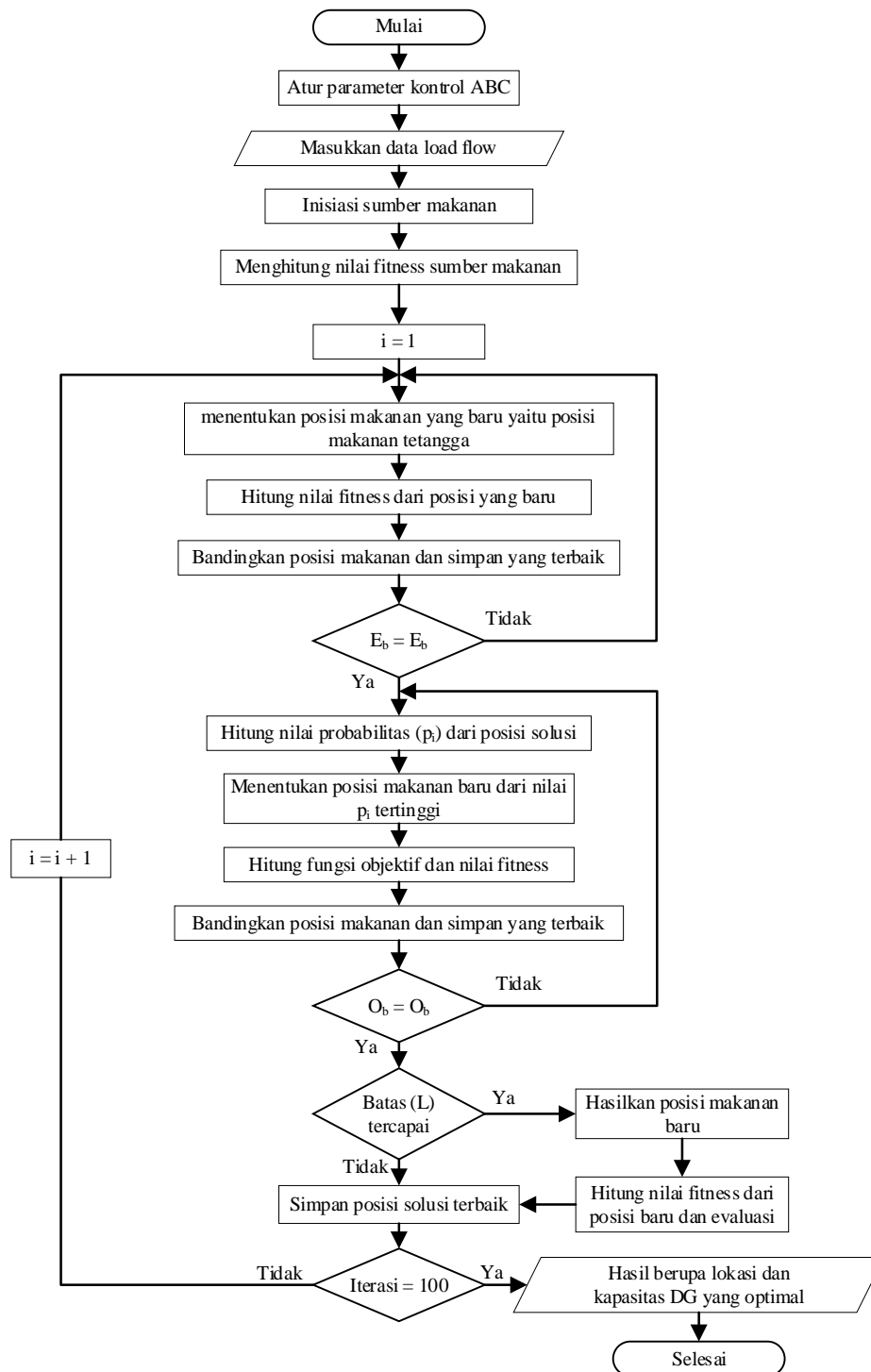
Dimana (3) berlaku untuk semua parameter j dan u merupakan angka acak antara $[-1,1]$. Maka dari itu, algoritma ABC memiliki parameter kontrol sebagai berikut:

1. Ukuran koloni, terdiri dari lebah pekerja (E_b) ditambah lebah penonton (O_b).
2. Nilai batas, yang merupakan jumlah percobaan agar posisi sumber makanan (solusi) bisa ditinggalkan.

$$L = 0,6 \times nVariabel \times nPopulasi \tag{4}$$

3. Jumlah siklus maksimum (MCN).

D. Flowchart Algoritma Artificial Bee Colony (ABC)



Gambar 3. Flowchat Artificial Bee Colony (ABC)

Diagram alir algoritma ABC diilustrasikan pada gambar 2. Langkah-langkah solusi dari algoritma ABC yang diterapkan untuk aplikasi unit DG dijelaskan sebagai berikut.

1. Mulai
2. Atur parameter kontrol ABC: MCN atau batas iterasi (i), jumlah koloni, batas bawah dan atas, dimensi (jumlah parameter yang dioptimasi), dan batas nilai (L).
3. Masukkan data load flow.
4. Inisialisasi posisi sumber makanan x_i (solusi populasi), dimana $i=1,2,\dots,E_b$
5. Hitung jumlah nektar dari populasi, yaitu nilai fitness menggunakan

$$fitness_i = \frac{1}{1 + Obj.Fun_i} \tag{5}$$

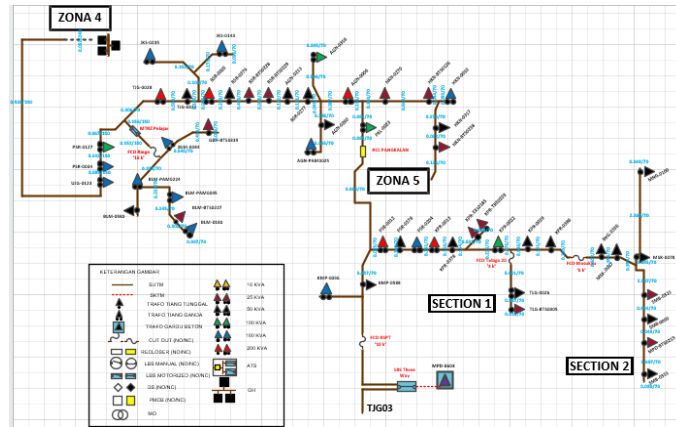
6. Iterasi = 1
7. Membuat solusi tetangga untuk lebah yang dipekerjakan dengan menggunakan (2)
8. Kemudian evaluasi sumber makanan seperti pada langkah 5.
9. Bandingkan posisi makanan dan lakukan proses seleksi. Kemudian simpan hasil terbaik.
10. Jika semua lebah pekerja sudah terdistribusi, lanjutkan ke langkah 11. Jika tidak, kembali ke langkah 7.
11. Hitung nilai probabilitas p_i untuk solusi x_i menggunakan (1).
12. Membuat solusi tetangga baru untuk lebah onlooker, berdasarkan nilai p_i , menggunakan persamaan (2)
13. Evaluasi solusi seperti pada langkah 5.
14. Bandingkan posisi makanan dan lakukan proses seleksi. Kemudian simpan hasil terbaik.
15. Jika semua lebah onlooker sudah terdistribusi, lanjutkan ke Langkah 16. Jika tidak, kembali ke langkah 12.
16. Apabila batas (L) tercapai, lakukan proses lebah pengintai. Jika tidak pergi ke langkah 19.
17. Menentukan solusi yang diabaikan bagi lebah pencari, apabila tersedia, dan menggantinya menjadi solusi yang baru dengan menggunakan persamaan (3).
18. Evaluasi solusi seperti langkah 5.
19. Simpan posisi solusi yang terbaik.
20. Jika, iterasi mencapai batas maksimal ($i=100$), maka pergi ke langkah. Jika tidak, maka ulangi proses mulai dari langkah 7 ($i=i+1$).
21. Hasil berupa lokasi dan kapasitas DG yang optimal.
22. Selesai

Tabel 1. Parameter Kontrol ABC

Parameter	Algoritma ABC
Fungsi objektif	Meminimalisasi rugi daya
Ukuran Koloni (CS)	Lebah pekerja = Jumlah DG x 40 Lebah onlooker = Jumlah DG x 40
MCN atau iterasi (i)	100
Dimensi (D)	Lokasi DG dan Kapasitas
Batas atas dan bawah	Batas bawah bus = 0 Batas atas bus = 66 Batas bawah kapasitas = 0 Batas atas kapasitas = 5000

E. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data penyulang SLG 04 yang didapat dari PT. PLN (PERSERO) ULP Tanjung. PT. PLN (PERSERO) ULP Tanjung beralamat di Jl. Teluk Dalam No.41 RT 07, Kelurahan Sulingan, Kecamatan Murung Pudak, Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan 71571. Data penyulang SLG 04 yang diterapkan pada penelitian ini adalah, data Single Line Diagram (SLD), data beban sistem distribusi, data saluran, dan data transformator. Gambar 3 adalah gambar single line diagram penyulang SLG 04 yang digunakan sebagai bahan penelitian. Penyulang SLG 04 terdiri dari 66 bus dan menggunakan sistem distribusi tipe radial.



Gambar 4. Single Line Diagram Penyulang SLG 04

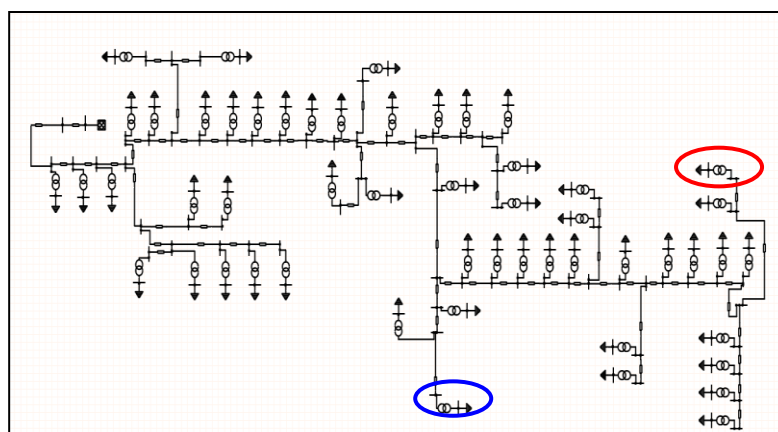
III. Hasil dan Pembahasan

A. Uji Coba Pada Sistem Distribusi Penyulang SLG 04

Adapun data penelitian yang digunakan adalah sistem kelistrikan 20 kV di Kabupaten Tabalong. Analisis aliran beban terlebih dahulu dilakukan untuk mendapatkan data berupa tegangan, daya aktif dan reaktif pada saat kondisi base case. Analisis aliran daya itu sendiri diselesaikan dengan menggunakan metode Backward and Forward Sweep.

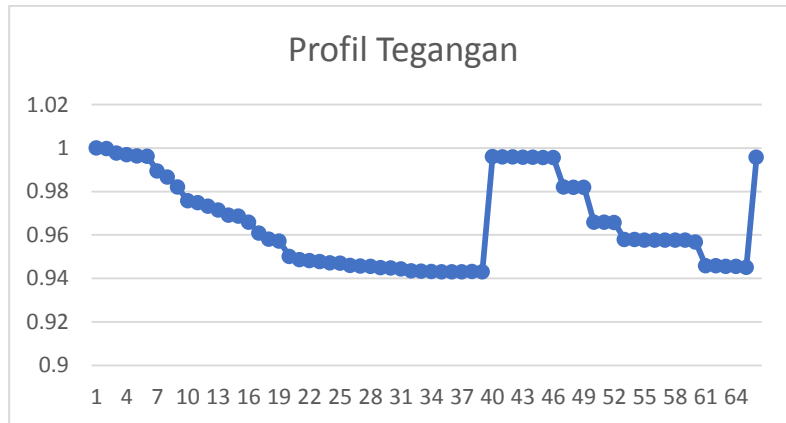
B. Analisis Load Flow pada kondisi Base Case

Data berikut didapat dengan menaikkan semua beban sebesar 50% untuk mendapatkan nilai kondisi beban puncak dan mengetahui posisi bus yang mengalami penurunan profil tegangan yang signifikan. Berikut merupakan data hasil analisa aliran daya kondisi base case atau kondisi tanpa DG pada penyulang SLG 04.

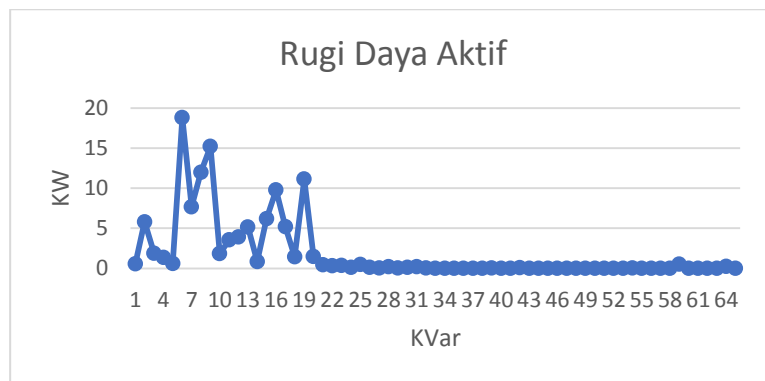


Gambar 5. Titik Bus yang Mengalami Penurunan Profil Tegangan

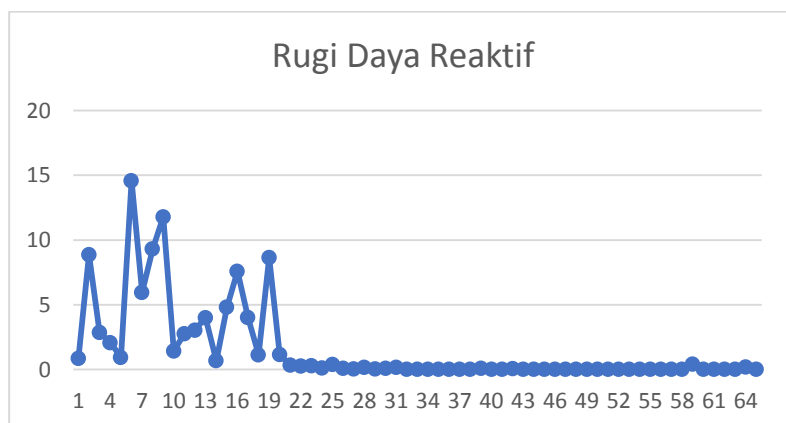
Setelah dilakukan analisis aliran daya, bisa diketahui kondisi profil tegangan dan rugi daya sistem distribusi pada saat base case. Berdasarkan data profil tegangan kondisi *base case* terdapat dua bus yang terjadi kondisi *undervoltage*, yaitu pada bus 37 dengan besar profil tegangan 0,943008 pu dan bus 65 dengan nilai profil tegangan 0,94515 pu. Gambar grafik profil tegangan dapat dilihat pada gambar 5. Dan titik bus yang mengalami penurunan profil tegangan terbesar atau signifikan melalui single line diagram bisa dilihat pada gambar 4 dimana bus 37 ditunjukkan oleh lingkaran berwarna merah dan bus 65 ditunjukkan oleh lingkaran berwarna biru.



Gambar 6. Grafik Profil Tegangan Kondisi Base Case



Gambar 7. Grafik Rugi Daya Aktif Kondisi Base Case



Gambar 8. Rugi Daya Reaktif Kondisi Base Case

C. Optimasi Penempatan dan Kapasitas DG Pada Penyulang SLG 04

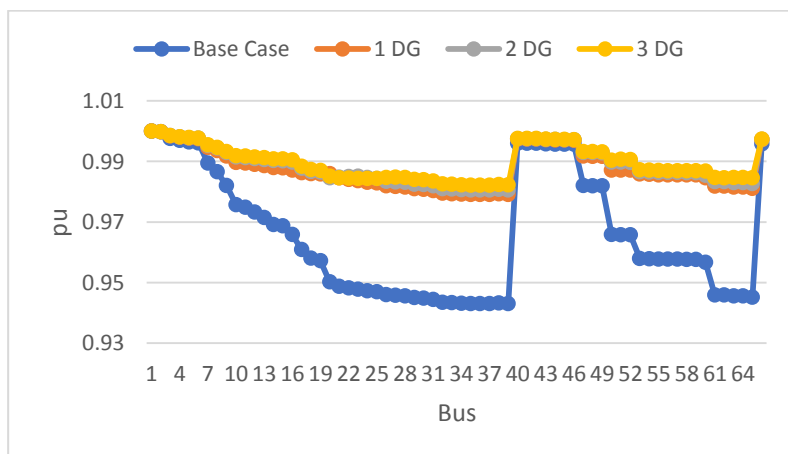
Pada percobaan ini, kapasitas maksimal GD mempunyai maksimal 5 MW dengan jumlah DG yang berbeda dari satu hingga tiga DG. Menentukan letak serta jumlah kapasitas DG dengan menggunakan metode ABC. Metode ABC akan menentukan posisi dan kapasitas DG yang optimal berdasarkan fungsi objektif, yaitu meminimalkan kerugian daya total dalam sistem.

Berdasarkan dari 3 pengujian optimasi DG dengan metode Algoritma ABC sebanyak 100 iterasi didapat hasil optimasi seperti pada tabel 2, data hasil pengujian untuk profil tegangan bisa diamati melalui gambar 8, serta data rugi daya bisa diamati melalui gambar 9 dan gambar 10. Pengujian pertama dengan 1 DG lokasi yang optimal pada bus 20 dengan kapsitas 2364 KW mampu mengurangi rugi-rugi daya aktif menjadi 37 KW dan rugi-rugi daya reaktif menjadi 32 Kvar. Kemudian pengujian dengan 2 DG didapat lokasi yang optimal pada bus 16 dengan kapasitas 991 KW dan pada bus 23 dengan ukuran DG 1674 KW, dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif menjadi 35 KW dan rugi-rugi daya reaktif menjadi 29 Kvar. Sedangkan pengujian dengan 3 DG didapat lokasi yang optimal pada bus 65, 27, dan 51 dengan kapasitas secara berturut-turut 725 KW, 981 KW, 1098 KW. Optimasi dengan 3 DG mampu menurunkan rugi-rugi daya aktif menjadi 33 KW dan rugi-rugi daya reaktif menjadi 28 Kvar.

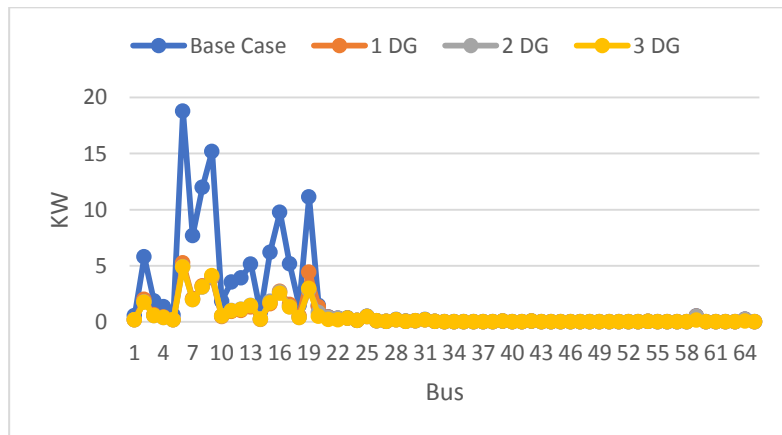
Tabel 2. Hasil Penempatan dan Kapasitas DG Pada Penyulang SLG 04 Menggunakan Metode ABC

Jumlah DG	No Bus	Kapasitas (KW)	Rugi daya			
			DG		Base Case	
			KW	Kvar	KW	Kvar
1	20	2364	37	32	118	99
2	16	991	35	29		
	23	1674				
3	65	725	33	28		
	27	981				
	51	1098				

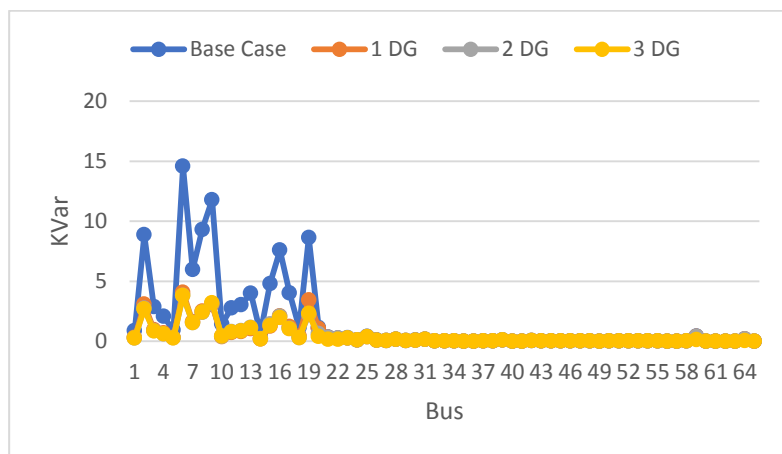
Berdasarkan hasil pada grafik profil tegangan setelah pemasangan DG terjadi peningkatan profil tegangan pada setiap bus. Sebelumnya saat kondisi *base case* terdapat dua bus yang signifikan mengalami penurunan tegangan yaitu bus 37 dan bus 65. Setelah pemasangan 1 DG profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,97905 pu dan pada bus 65 menjadi 0,98264 pu. Dengan pemasangan 2 DG profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,98057 pu dan pada bus 65 menjadi 0,98264 pu. Sedangkan setelah pemasangan 3 DG DG profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,98216 pu dan pada bus 65 menjadi 0,98463 pu. Grafik perbandingan profil tegangan bisa dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan antara Profil Tegangan Kondisi Tanpa DG dan Kondisi Setelah DG

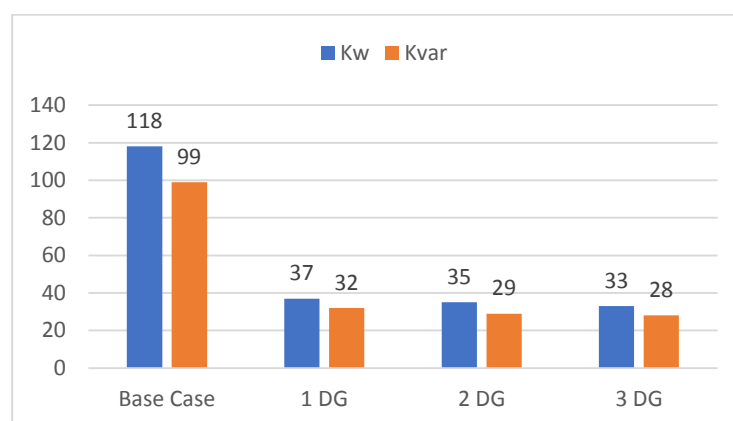


Gambar 10. Perbandingan antara Rugi Daya Aktif Kondisi Base Case dan Kondisi Setelah DG



Gambar 11. Perbandingan antara Rugi Daya Reaktif Kondisi Base Case dan Kondisi Setelah DG

Selain peningkatan profil tegangan, pemasangan DG juga berdampak pada pengurangan rugi daya. Perbandingan antara rugi daya total pada kondisi base case dan setelah pemasangan DG dapat dilihat pada gambar 11. Besar nilai ini ditentukan oleh nilai masing-masing penghantar dan impedansi serta banyaknya DG yang akan dihubungkan ke sistem jaringan distribusi. Dari grafik pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa optimasi dengan 3 DG lebih mampu mengurangi rugi-rugi daya dibandingkan hanya menggunakan 1 DG dan 2 DG.



Gambar 12. Perbandingan Rugi Daya Pada Kondisi Base Case dan Setelah DG

IV. Kesimpulan

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari analisis dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Peneilitan dilakukan menggunakan metode Backward and Forward Sweep untuk mendapatkan nilai aliran daya sehingga didapatkan susut daya dan jatuh tegangan uyang nantinya digunakan sebagai acuan dalam perbandingan. Penentuan penempatan dan kapasitas dilakukan dengan metode ABC sehingga didapat lokasi dan kapasitas yang optimal untuk pemasangan DG.
2. Pada kondisi base case terdapat susut daya aktif sebesar 118 KW dan susut daya reaktif sebesar 99 Kvar. Terdapat penurunan profil tegangan yang signifikan pada bus 37 sebesar 0,943008 pu dan pada bus 65 sebesar 0,94515 pu.
3. Penempatan 1 DG pada bus 20 dengan kapasitas 2364 KW menurunkan susut daya aktif menjadi 37 KW dan susut daya reaktif menjadi 32 KVar. Untuk profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,98057 pu dan pada bus 65 naik menjadi 0,98112 pu.
4. Penempatan 2 DG pada bus 16 dan 23 dengan kapasitas berturut-turut 991 KW dan 1674 KW menurunkan susut daya aktif menjadi 17 KW dan susut daya reaktif menjadi 15 KVar. Untuk profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,989087 pu dan pada bus 65 naik menjadi 0,98264 pu.
5. Penempatan 3 DG pada bus 65, 27, dan 51 dengan kapasitas berturut-turut 725 KW, 981 KW dan 1098 KW menurunkan susut daya aktif menjadi 33 KW dan susut daya reaktif menjadi 28 KVar. Untuk profil tegangan pada bus 37 naik menjadi 0,98216 pu dan pada bus 65 naik menjadi 0,98463 pu.

V. Daftar Pustaka

- [1] N. I. Luthfi, Y. Yuningtyastuti, and S. Handoko, "Optimasi Penempatan Distributed Generation Pada Ieee 30 Bus System Menggunakan Bee Colony Algorithm," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 757–763, Nov. 2013, doi: 10.14710/TRANSIENT.V2I3.757-763.
- [2] I. Kholiq, "Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM," *Jurnal IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75–91, Dec. 2015, doi: 10.31284/J.IPTEK.2015.V19I2.12.
- [3] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. 2014.
- [4] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. 2017.
- [5] Y. Yanuar, A. Asmar, R. Kurniawan, "Analisis Perbaikan Drop Tegangan Dan Susut Jaringan Penyulang Jambi Pln Area Belitung Menggunakan Etap," *Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service*, vol. 1, 2017, doi: 10.33019/SNPPM.V1I10.512.
- [6] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D'haeseleer, "Distributed generation: definition, benefits and issues," *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, pp. 787–798, Apr. 2005, doi: 10.1016/J.ENPOL.2003.10.004.
- [7] M. M. Aman, G. B. Jasmon, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, "A new approach for optimum DG placement and sizing based on voltage stability maximization and minimization of power losses," *Energy Convers Manag*, vol. 70, pp. 202–210, Jun. 2013, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2013.02.015.
- [8] F. S. Abu-Mouti and M. E. El-Hawary, "Optimal distributed generation allocation and sizing in distribution systems via artificial bee colony algorithm," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26, no. 4, pp. 2090–2101, Oct. 2011, doi: 10.1109/TPWRD.2011.2158246.
- [9] C. Das, O. Bass, G. Kothapalli, T. Mahmoud, D. H.-A. energy, and undefined 2018, "Optimal placement of distributed energy storage systems in distribution networks using artificial bee colony algorithm," Elsevier, Accessed: Dec. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918311358>
- [10] I. Supartana, R. Hartati, and I. Sukerayasa, "Optimasi Titik Interkoneksi Distributed Gener-Ation (Pltm Muara) Guna Meminimalkan Rugi-Rugi Daya Menggunakan Metode,"
- [11] S. T. Wrahatnolo et al., *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. 2008.
- [12] P. Chary, T. Mahesh, ... A. K.-2020 I., and undefined 2020, "Load flow analysis of radial distribution

-
- system,” ieeexplore.ieee.org
- [13] Hadi Saadat, *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill Inc, 1999.
- [14] L. Alkhaldeh, “Impact of wind farms on harmonic distortion and voltage profiles in distribution systems.” Jan. 2023. doi: 10.13140/RG.2.2.14767.30882.
- [15] Syufrijal and R. Monantun, “Jaringan Distribusi Tenaga Listrik,” 2014.
- [16] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, “Distributed generation: a definition,” *Electric Power Systems Research*, vol. 57, no. 3, pp. 195–204, Apr. 2001, doi: 10.1016/S0378-7796(01)00101-8.
- [17] K. Ullah, Q. Jiang, G. Geng, S. Rahim, and R. A. Khan, “Optimal Power Sharing in Microgrids Using the Artificial Bee Colony Algorithm,” *Energies* 2022, Vol. 15, Page 1067, vol. 15, no. 3, p. 1067, Jan. 2022, doi: 10.3390/EN15031067.
- [18] F. Ratuahaji, A. Arief, M. N.-J. of P. Conference, and undefined 2019, “Determination of optimal location and capacity of distributed generations based on artificial bee colony,” iopscience.iop.orgF Ratuahaji, A Arief, MB Nappu *Journal of Physics: Conference Series*, 2019•iopscience.iop.org, doi: 10.1088/1742-6596/1341/5/052012.